

Cara uji kekesatan pada permukaan perkerasan menggunakan alat Mu-meter



© BSN 2008

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang menyalin atau menggandakan sebagian atau seluruh isi dokumen ini dengan cara dan dalam bentuk apapun dan dilarang mendistribusikan dokumen ini baik secara elektronik maupun tercetak tanpa izin tertulis dari BSN

BSN
Gd. Mangala Wanabakti
Blok IV, Lt. 3,4,7,10.
Telp. +6221-5747043
Fax. +6221-5747045
Email: dokinfo@bsn.go.id
www.bsn.go.id

Diterbitkan di Jakarta

Daftar isi

Daftar Isi	I
Prakata	III
Pendahuluan.....	IV
1 Ruang Lingkup.....	1
2 Acuan Normatif	1
3 Istilah dan definisi	1
4 Ringkasan metode uji	2
5 Penggunaan	2
6 Peralatan	4
7 Perhatian terhadap keselamatan.....	8
8 Pengambilan contoh	8
9 Kalibrasi	8
10 Umum	10
11 Prosedur	11
12 Kegagalan pengujian (<i>faulty tests</i>)	11
13 Laporan.....	11
14 Ketepatan dan bias.....	12
Lampiran A (Normatif) Spesifikasi ban Mu-Meter.....	14
Lampiran B (Informatif) Kalibrasi dengan papan pengujian standar Mu-Meter	17
Lampiran C (Informatif) Contoh grafik pencatatan lapangan dengan alat Mu-Meter.....	18
Lampiran D (Normatif) Contoh formulir lapangan.....	19
Lampiran E (Informatif) Contoh pengisian formulir lapangan	20
Bibliografi	21
Gambar 1 Alat Mu-Meter	3
Gambar 2 Tampak atas dan potongan samping peralatan Mu-meter	4
Gambar 3 Detail peralatan Mu-meter	4
Gambar 4 Kotak pencatat.....	6
Gambar 5 Sistem pembasahan permukaan perkerasan	7
Gambar 6 Papan Uji Standar.....	9
Gambar A1 Ban penguji Mu-meter	14
Gambar A2 Dimensi ban penguji Mu-meter	14
Gambar C1 Contoh grafik pencatatan lapangan dengan alat Mu-Meter	18

Tabel 1	Hubungan antara beban dengan kekesatan.....	10
Tabel A1	Persyaratan fisik ban penguji	15



Prakata

Standar Nasional Indonesia (SNI) tentang *Cara uji kekesatan pada permukaan perkerasan menggunakan alat Mu-meter* adalah revisi dari SNI 03-6748-2002, *Metode pengujian kekesatan permukaan jalan dengan MU-meter*. Adapun perubahan dengan SNI lama adalah sebagai berikut:

- a) Jumlah pengujian yang dibutuhkan untuk memastikan bahwa rata-rata nilai yang diukur berada dalam *error* yang dapat diterima pada tingkat keyakinan 95%, ditentukan menggunakan suatu rumus tertentu;
- b) Gambar foto Mu-Meter dan papan uji termasuk gambar kotak pencatat, ditambahkan untuk memperjelas peralatan yang menunjukkan angka-angka yang perlu dicatat dan dievaluasi;
- c) Dalam butir 6.1 tentang kendaraan penarik (*tow vehicle*) ditambahkan butir 5 tentang perlunya mobil tangki air, dan butir 6 tentang pipa yang dihubungkan dari kendaraan penarik ke alat Mu-Meter;

Standar ini disusun oleh Panitia Teknis Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil melalui Gugus Kerja Bahan dan Perkerasan Jalan pada Subpanitia teknis Rekayasa Jalan dan Jembatan.

Tata cara penulisan disusun mengikuti Pedoman Standardisasi Nasional 08:2007 dan dibahas dalam forum Konsensus yang diselenggarakan di Bandung pada tanggal 29 Mei 2006 oleh Subpanitia teknis Rekayasa Jalan dan Jembatan yang melibatkan para nara sumber, pakar dan lembaga terkait.

Pendahuluan

Standar ini merupakan revisi dari SNI 03-6748-2002, *Metode pengujian kekesatan permukaan jalan dengan MU-meter*, yang acuan awalnya diambil dari AASHTO T 268-90, *Side force friction on paved surface using the Mu-meter*.

Cara uji ini dimaksudkan sebagai pegangan dalam pengujian kekesatan permukaan jalan dengan alat Mu-Meter, dengan persyaratan umum ban standar Mu-meter untuk pengukuran koefisien kekesatan antara permukaan perkerasan dan dua telapak ban licin roda penguji dan cara uji ini meliputi ketentuan teknik peralatan, dan cara pengujian perkerasan jalan beraspal, baik campuran panas atau dingin, dan perkerasan beton semen keadaan basah.



Cara uji kekesatan pada permukaan perkerasan menggunakan Mu-meter

1 Ruang lingkup

Standar ini menetapkan cara pengukuran kekesatan (*the side force friction*) permukaan perkerasan menggunakan alat yang biasanya disebut Mu-meter.

Cara uji ini merupakan suatu pengukuran kekesatan, yang dilakukan dengan menarik alat Mu-meter pada kecepatan tetap pada sudut arah gerakan tertentu di atas permukaan perkerasan dalam keadaan basah. Alatnya terdiri atas dua roda penguji dan dapat berputar bebas, yang dibebani dengan beban statis. Pencatat dalam alat ini merekam grafik kekesatan yang menerus untuk seluruh panjang permukaan yang diuji, dan pada segmen tertentu mungkin diperoleh grafik yang merata.

Nilai hasil uji standar dinyatakan dalam satuan *inch-pound* atau dinyatakan dengan MuN (*Mu-Number*).

Standar ini mungkin terkait dengan penggunaan bahan-bahan, prosedur operasi dan peralatan yang berbahaya. Standar ini tidak menjamin keselamatan atas seluruh prosedur kerja, namun jika ada, perlu disesuaikan dalam penggunaannya. Tanggung jawab siapapun sebagai pemakai atas penggunaan standar ini adalah agar melakukan konsultasi tentang penerapan tata cara keselamatan dan kesehatan kerja (K3) yang sesuai, dan menerapkan batas-batas utama dalam peraturan penerapan yang berlaku. Informasi yang perlu diperhatikan untuk keselamatan disajikan dalam Butir 7 standar ini.

2 Acuan normatif

SNI 03-4427-1997, *Metode pengujian kekesatan permukaan perkerasan jalan dengan alat Pendulum*

AASHTO E 178, *Recommended practise for dealing with outlying observations*

AASHTO E 670-94 *Standard test method for side force friction on paved surfaces using (Reapproved 2000), the Mu-Meter*

AASHTO T 268-90, *Side force friction on paved surface using the Mu-meter*

3 Istilah dan definisi

Istilah dan definisinya yang berlaku dalam standar ini adalah sebagai berikut:

3.1

ambient

temperatur udara pada umumnya

3.2

gradien kecepatan

kemiringan kurva kecepatan-MuN pada kecepatan tertentu yang diperoleh dari paling sedikit tiga kali pengujian

3.3

kekesatan (side force friction)

koefisien gesekan antara permukaan perkerasan yang basah dengan permukaan ban kendaraan penguji yang sedang bergerak pada kecepatan dan sudut arah gerakan tertentu

3.4

MuN (*Mu Number*)

satuan nilai kekesatan permukaan perkerasan yang diukur pada pengujian menggunakan alat Mu-Meter

3.5

Mu-Meter

alat yang digunakan untuk menentukan kekesatan permukaan perkerasan, dalam satuan MuN, dan pada saat pengujian harus ditarik dengan kendaraan penarik yang dilengkapi tangki air

3.6

sel beban (*force cell*)

alat ukur kekuatan yang dipasang pada posisi angka kekuatan tarik tertentu

3.7

transduser (*transducers*)

alat yang terhubung dengan alat pengukur kecepatan atau pengukur jarak, atau ke alat pengukur kekuatan bukaan

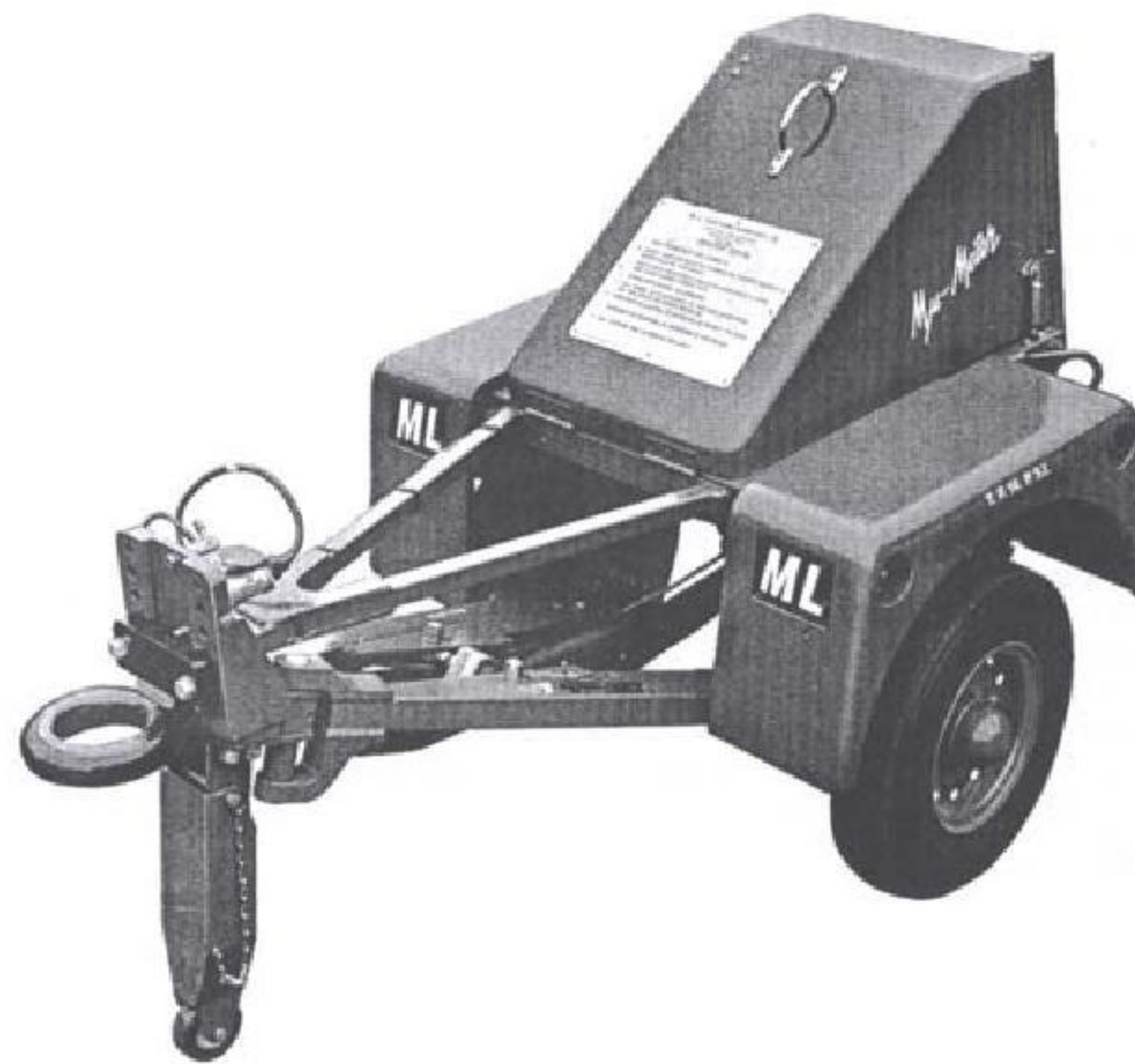
4 Ringkasan metode uji

- Alat Mu-meter terdiri atas sebuah trailer seperti diperlihatkan pada Gambar 1, ditarik oleh sebuah kendaraan penarik atau digabungkan ke dalam kendaraan.
- Ban penguji yang terpasang pada alat Mu-meter diletakkan dalam posisi uji. Alat Mu-meter dioperasikan pada kecepatan tertentu sesuai butir 6 (65 km/±1,5 jam). Air disiramkan ke atas permukaan yang ada di depan ban kendaraan penguji pada awal permukaan perkerasan yang sudah ditandai. Gesekan menyamping atau gaya friksi antara ban penguji dengan permukaan perkerasan dicatat pada sebuah kertas grafik. Kecepatan kendaraan penguji dicatat dengan bantuan instrumen yang terdapat dalam alat tersebut.
- Kekesatan ditentukan berdasarkan analisis data dari rekaman yang ada pada kertas grafik dalam kotak pencatat, dan dilaporkan sebagai nilai Mu-Number (MuN).

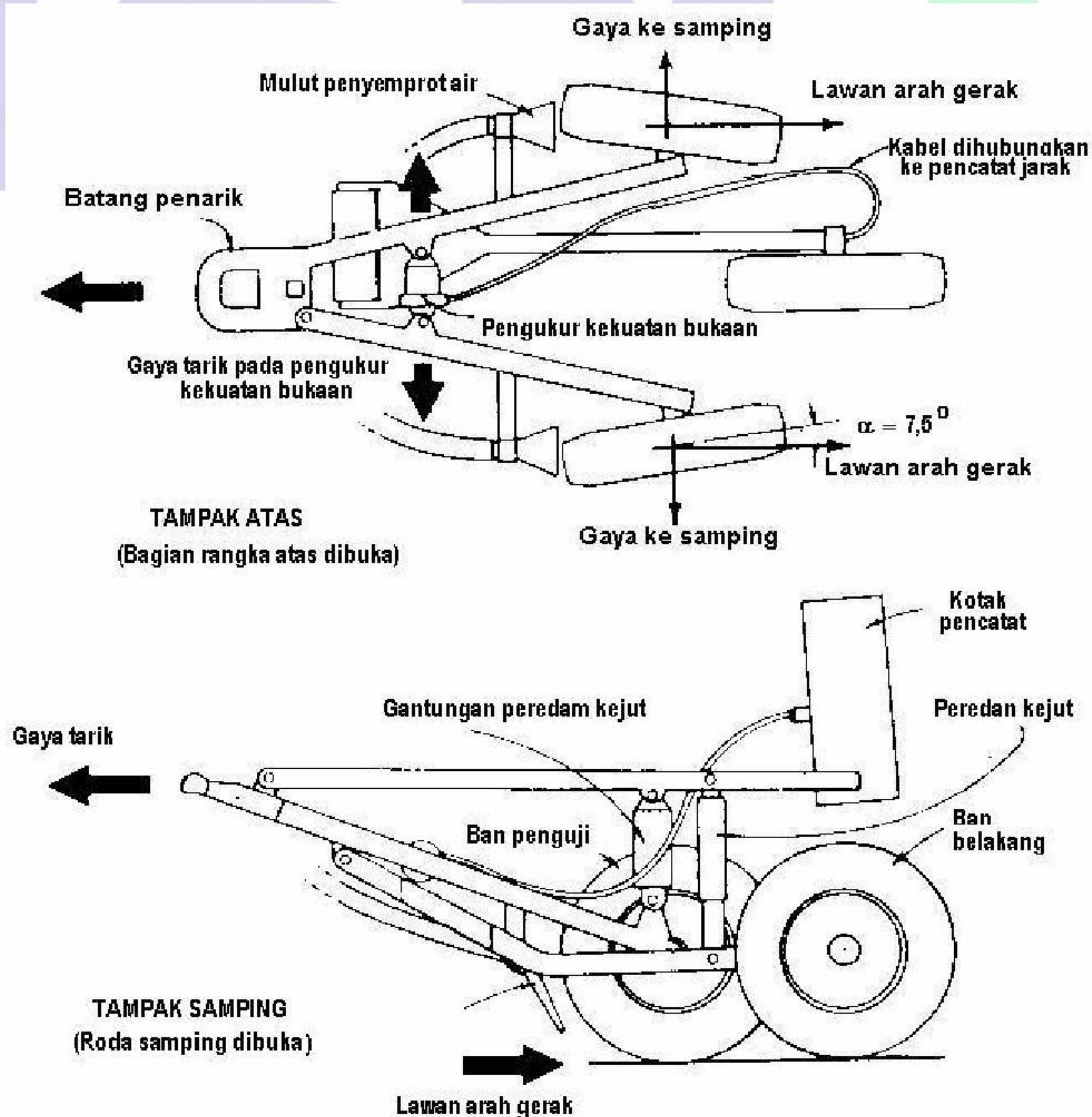
5 Penggunaan

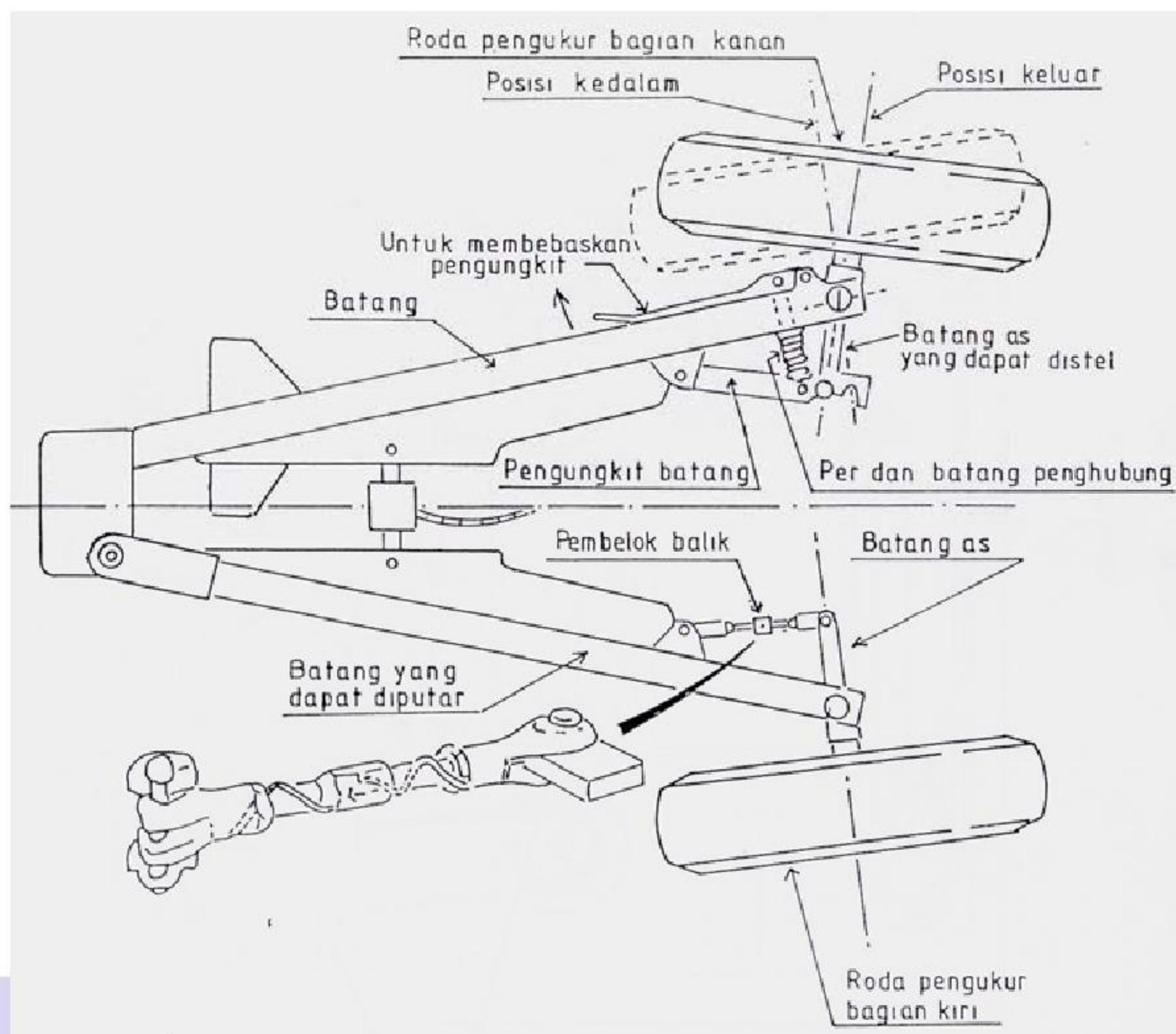
Pengetahuan tentang kekesatan permukaan perkerasan sebagai suatu tambahan alat berguna dalam membantu menilai karakteristik permukaan. Data kekesatan permukaan mungkin nilainya terbatas untuk menentukan bahan perkerasan yang digunakan atau untuk menentukan teknik penyelesaian akhir pekerjaan perkerasan. Namun bagaimana pun bila digabungkan penggunaan dengan pengujian secara fisik dan kimia, nilai kekesatan dapat memberikan kontribusi dalam menilai sifat-sifat permukaan perkerasan.

Nilai kekesatan yang diukur dengan alat ini dan prosedur yang dinyatakan dalam cara uji ini tidak perlu secara langsung cocok atau ada korelasi dengan nilai yang diperoleh dengan metode uji kekesatan permukaan perkerasan lain.



Gambar 1 Alat Mu-Meter



Gambar 2 Tampak atas dan potongan samping peralatan Mu-meter**Gambar 3 Detail peralatan Mu-meter**

6 Peralatan

6.1 Umum

Sistem peralatan harus dapat dioperasikan pada temperatur *ambient* antara 4°C dan 38°C sesuai dengan persyaratan berikut:

- ketelitian sistem menyeluruh (*overall system accuracy*) ± 3 persen skala penuh, dan
- stabilitas waktu kalibrasi minimum 10 jam (*time stability calibration 10 h min*).

Bagian-bagian terbuka dari alat pengukur harus tahan terhadap kondisi kelembaban relatif 100% (hujan dan gerimis) dan pada kondisi sulit seperti debu, kejutan, dan getaran yang mungkin muncul selama pengujian.

6.2 Kendaraan penarik (tow vehicle) dan mobil tangki pengangkut air

- Kendaraan penarik harus mampu menarik alat Mu-meter pada kecepatan sampai 65 km/jam dengan toleransi $\pm 0,8$ km/jam;
- Bila pengujian dilakukan pada kecepatan lebih besar dari pada 65 km/jam, harus dengan toleransi $\pm 1,5$ km/jam;
- Untuk Mu-meter dengan batang penarik yang tidak dapat diatur, kendaraan harus memiliki sebuah batang penarik terpusat setinggi (457 ± 13) mm dari permukaan;
- Untuk Mu-meter yang batang penariknya dapat diatur, harus ditempatkan setinggi (305 ± 13) mm dari permukaan. Ketinggian batang penarik tidak boleh bervariasi lebih dari 51 mm antara kendaraan penarik saat dibebani dan saat tidak dibebani;

- e) Selama pengujian berlangsung harus disertakan mobil tangki air yang berfungsi sebagai pemasok air dan sebagai kendaraan pengawal;
- f) Kendaraan penarik harus dilengkapi dengan tangki air yang dihubungkan dengan pipa dalam alat Mu-Meter.

6.2.1 Trailer

Konfigurasi trailer untuk pengujian harus khusus sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 2 dan Gambar 3, dengan dua roda penguji yang masing-masing dipasang dengan sudut ($7,50^\circ \pm 0,75^\circ$) ke arah luar dari garis tengah Mu-meter. Kedua roda penguji harus memiliki arah sudut tertentu dengan perbedaan sudut yang sekecil mungkin, sehingga kekesatan dapat ditransmisikan ke sel beban (*force cell*) yang terpasang pada batang alat. Roda penguji harus miring kira-kira 2° ke arah luar dari kedudukan tegak pada posisi pengujian.

6.2.2 Sel beban (*force cell*)

- a) Sel beban harus dipasang pada posisi angka kekuatan atau gaya tarik sebesar 2225 N setara dengan kekuatan atau gaya gesek samping yang ditimbulkan oleh roda ban dan perkerasan sebesar 100 MuN;
- b) Pergerakan sel beban selama pembebanan harus cukup kecil sehingga sudut antara ban-ban penguji tidak berubah lebih dari pada $0,5^\circ$ selama pengujian;
- c) Sel beban harus dapat meredam terhadap gangguan beban kurang dari 2 persen dari pada beban yang dipasang sampai mencapai beban maksimum yang diperkirakan, dan juga kepekaan terhadap beban silang kurang dari 2 persen dari pada beban yang dipasang;
- d) Sel beban untuk percobaan harus dipasang kurang dari 1° rotasi sudut dari posisi mendatar pada beban maksimum.

6.2.3 Beban roda

Peralatan harus memiliki beban vertikal statis ketika peralatan bekerja dengan tekanan ban yang memadai. Setiap roda penguji mempunyai beban roda sebesar (761 ± 9) N. Roda belakang 525 N sampai 614 N. Beban penarik sebesar 360 N.

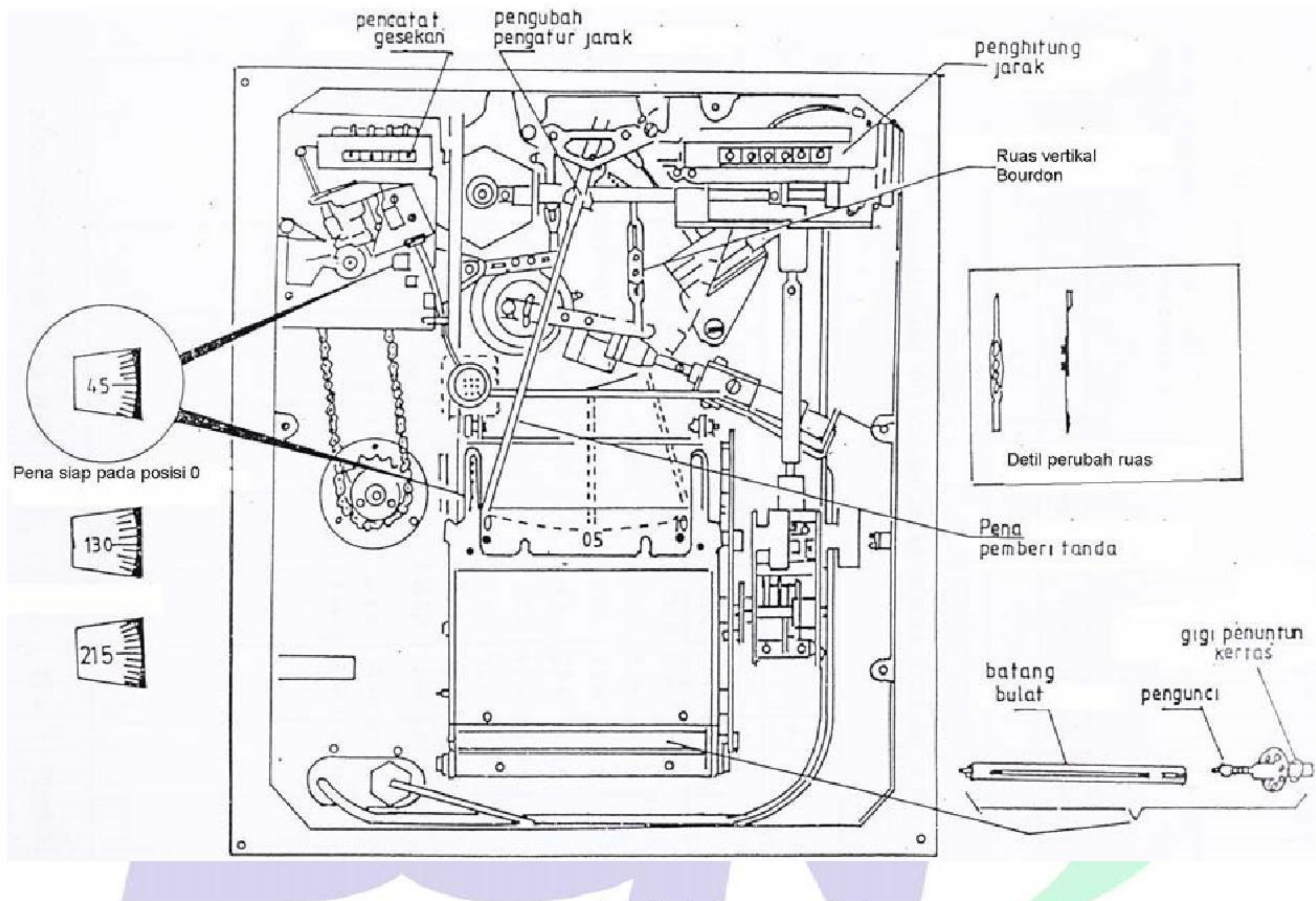
6.2.4 Ban

- a) Persyaratan umum ban penguji Mu-meter untuk mengukur kekesatan disajikan dalam Lampiran A. Tekanan ban pada kedua ban penguji harus (69 ± 3) kPa diukur pada temperatur *ambient*.
- b) Kestabilan ban belakang harus mantap kedudukannya dan harus sama ukurannya dengan ban penguji. Tekanan ban belakang harus (207 ± 14) kPa diukur pada temperatur *ambient*.

6.2.5 Pencatat

- a) Pencatat dalam kotak pencatat (lihat Gambar 4) harus menunjukkan angka gaya tarik beban sel dari 0 N sampai 2225 N secara linier pada grafik dari 0 sampai 100 MuN, dan lanjut grafiknya harus linier dengan jarak.

- b) Pencatat harus memiliki paling sedikit satu pemberi tanda pengujian, dikontrol dengan pengendali jarak jauh (*remote*), untuk mengindikasikan dimulai dan berakhirnya pengujian atau kejadian lain selama pengujian.
- c) *Remote* atau pengendali jarak jauh dengan kemampuan digital boleh digunakan.



Gambar 4 Kotak pencatat

6.2.6 Transduser pengukur kecepatan kendaraan ("Vehicle" speed-measuring transducer).

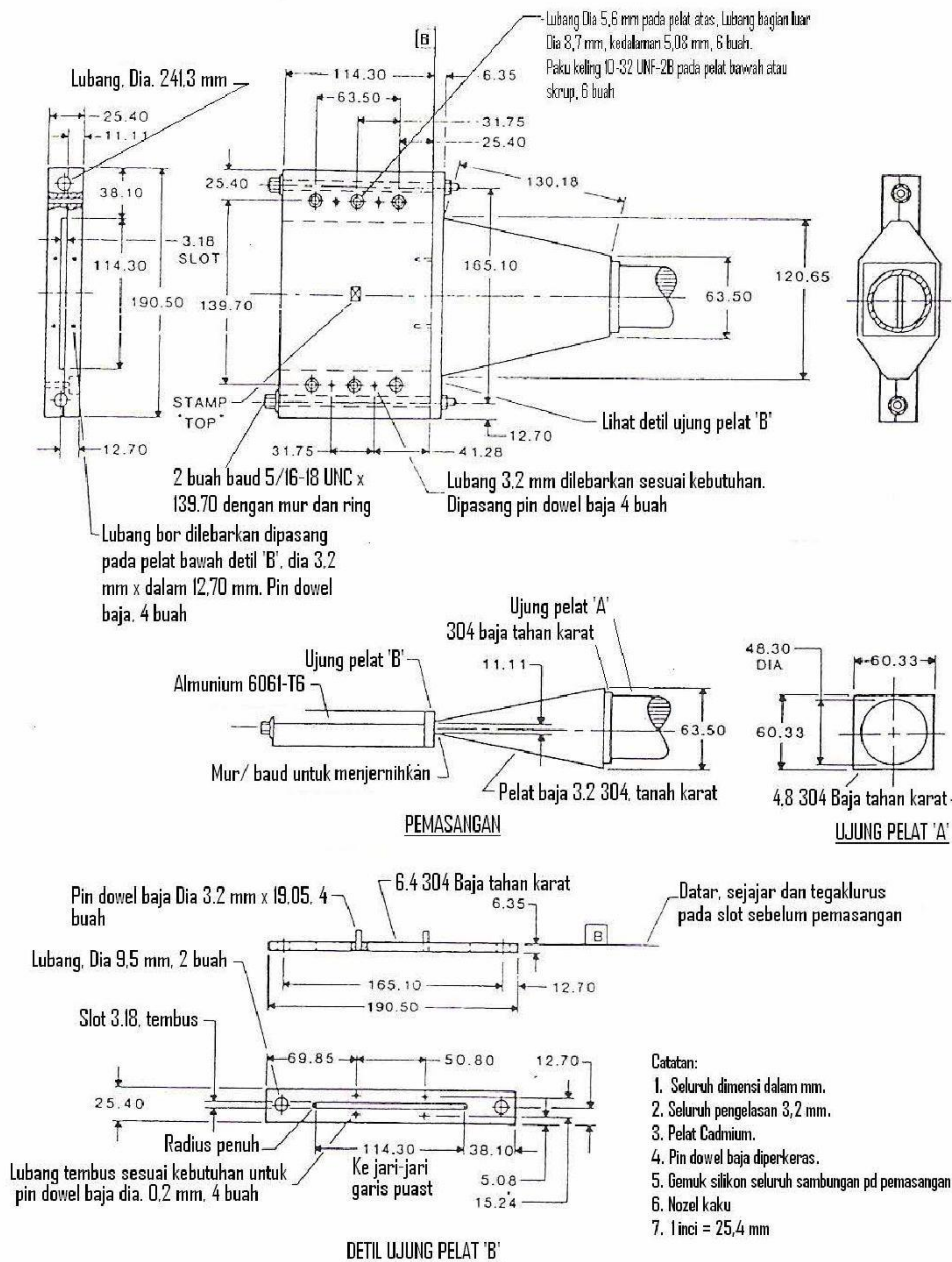
Transduser atau sepasang transmisi *tachometer* harus mempunyai resolusi kecepatan dengan ketelitian $\pm 1,5\%$ dari pada kecepatan yang terjadi, atau 0,8 km/ jam. Keluaran harus langsung dapat dilihat oleh operator dan kecepatan harus dicatat.

6.3 Sistem pembasahan perkerasan

- a) Air yang digunakan untuk membasahi permukaan perkerasan di depan ban penguji harus disemprotkan melalui nosel (*nozzle*) yang sesuai dengan dimensi dalam Gambar 5. Untuk landasan pacu lapangan terbang, jumlah air yang disarankan pada kecepatan kendaraan 65 km/jam harus 1,20 liter/menit $\pm 10\%$ /mm lebar basah. Lapisan air harus paling sedikit 25 mm lebih lebar dari pada lebar tapak ban penguji, sehingga ban secara abrasif berada di antara tepi-tepi yang basah selama pengujian. Volume air per milimeter lebar basah harus proporsional terhadap kecepatan.

CATATAN 1 Untuk penggunaan di jalan raya, alternatif jumlah air yang dapat disarankan sebesar (0,60 liter/ menit $\pm 10\%$ / mm) lebar basah. Karena kekesatan di atas permukaan perkerasan bergantung pada ketebalan lapis air, maka ketebalan lapis air permukaan yang berkurang harus dilaporkan sesuai dengan ketentuan dalam Butir 13.1.5 dan Butir 13.2.11.

- b) Konfigurasi nosel dan posisinya harus menjamin bahwa mulut nosel dipusatkan menyemprot ke permukaan perkerasan dengan sudut $(25 \pm 2)^{\circ}$, atau menggunakan kuas besar penyapu air. Air harus disebarkan sejauh 150 mm sampai 200 mm di depan ban penguji Mu-meter. Ketinggian nosel harus cukup bebas dari halangan ketika Mu-meter bekerja, dan daerah yang dibasahi air harus cukup lebar sebagaimana disyaratkan dalam 6.3 a), tetapi ketinggian nosel tidak boleh lebih dari 100 mm di atas permukaan perkerasan.



Gambar 5 Sistem pembasahan permukaan perkerasan

- c) Air yang digunakan harus bersih dan tidak boleh ditambah dengan bahan kimia, misalnya deterjen.

CATATAN 2 Rancangan nosel dan sistem penyebaran air yang diperlukan untuk menyediakan kedalaman lapis air permukaan perkerasan saat ini masih sedang dievaluasi.

7 Perhatian terhadap keselamatan

- a) Kendaraan penarik, mobil tangki air, Mu-meter dan seluruh rangkaiannya harus dipasang sesuai dengan peraturan yang berlaku.
- b) Seluruh kemungkinan dan perhatian harus diambil untuk menjamin keselamatan personel dan lalu lintas.
- c) Jangan melakukan pengujian bila sekiranya akibat air yang digunakan di atas perkerasan akan menimbulkan bahaya.

8 Pengambilan contoh

- a) Tikungan tajam dan tanjakan tidak boleh diambil sebagai seksi pengujian, demikian pula pada lajur menyalip.
- b) Seksi percobaan harus diupayakan seragam sehingga hasil pengujian yang dicatat merupakan rata-rata dari suatu permukaan yang seragam.
- c) Biasanya, seksi pengujian di jalan dilakukan dengan roda penguji bagian kiri berada di jalur jejak roda bagian kiri lajur jalan.
- d) Pengujian di bandar udara dilakukan berjarak sekitar 3 m dari garis tengah landasan pacu dan harus mencakup seluruh panjang landasan pacu.
- e) Daerah landasan pacu yang dicemari bahan karet, cat marka, atau bahan kontaminan lainnya harus dianalisis secara terpisah. Nilai Mu-Number dapat diperkirakan benar tanpa pengecekan bila pengujian dengan alat Mu-Meter sudah benar posisinya.
- f) Penyimpangan Mu-Meter ke arah posisi melintang jalur jalan pada area pengujian harus dicatat.

9 Kalibrasi

9.1 Kecepatan

- a) Indikator kecepatan kendaraan penguji harus dikalibrasi pada kecepatan tetap, pada permukaan mendatar dan lurus, pada suatu perkerasan dengan panjang yang memadai.
- b) Ukur panjang perkerasan secara teliti.
- c) Bebani kendaraan uji sampai berat normal untuk kalibrasi ini.
- d) Catat variasi kecepatan sepanjang lintasan dengan sistem perekaman.

- e) Untuk melengkapi kalibrasi, lakukan paling sedikit enam variasi kecepatan, termasuk seluruh kecepatan pengujian yang dilakukan.

9.2 Prosedur kalibrasi-beban (*force calibration*)

- a) Kalibrasi alat-alat bila telapak ban penguji sobek. Alat-alat mungkin memerlukan kalibrasi tambahan pada interval waktu yang dianggap perlu selama masa layan ban.
- b) Lakukan kalibrasi dengan menarik Mu-meter di atas papan uji standar (lihat Lampiran B untuk peneraan atau kalibrasi papan uji standar Mu-meter).
- c) Sebelum dikalibrasi, bersihkan dan keringkan ban dan permukaan papan uji standar. Bersihkan ban dengan sikat, termasuk lajur permukaan pendekat (*the approach surface*), dan permukaan papan uji standar, untuk menghilangkan partikel lepas dan debu.
- d) Tekanan ban penguji harus sesuai dengan ketentuan dalam Butir 6.2.4, dan temperatur *ambient* harus lebih tinggi.
- e) Tarik Mu-Meter dengan roda penguji dalam posisi uji di atas permukaan papan uji standar (Gambar 6), dengan kecepatan konstan kurang dari 5 km/jam.
- f) Lakukan tiga kali pengujian, dan setiap kali pengujian, bersihkan ban, permukaan pendekat dan permukaan papan uji dengan cermat.
- g) Hasil tiga pengujian berturut-turut harus ± 1 MuN dari nilai rata-rata yang diperoleh, dan menghasilkan ± 2 MuN dari hasil uji permukaan.

CATATAN 3 Keausan telapak ban penguji diketahui bila kekakuan permukaan ban penguji telah berubah. Mu-Meter harus dikalibrasi ulang jika keausan ban bertambah.



Gambar 6 Papan Uji Standar

9.3 Kalibrasi alat pencatat

Mengkalibrasi alat pencatat dan sel beban (*load cell*) dilakukan dalam posisi tarik. Peningkatan dan penurunan gaya tarik 0 N sampai 2225 N harus sebanding dengan pembacaan grafik 0 sampai 100 MuN dalam batas-batas berikut:

Tabel 1 Hubungan antara beban dengan kekesatan

Beban, lbs (N)	Pembacaan Grafik
0 (0)	0 sampai 3
100 (445)	18 sampai 22
200 (890)	38 sampai 43
300 (1335)	58 sampai 63
400 (1780)	78 sampai 84
500 (2225)	98 sampai 104

10 Umum

10.1 Persiapan ban penguji

Kondisikan ban roda penguji baru pada tekanan normal. Lakukan penyeimbangan (*balancing*) roda ban pada kecepatan di atas 97 km/jam. Periksa kondisi ban apakah ada kelainan-kelainan lain yang bisa mempengaruhi hasil uji, dan tolak bila kondisi ban rusak atau robek.

10.2 Persiapan pengujian

- Periksa ban dari kemungkinan bocor atau kempes atau kerusakan lain sebelum dilakukan pengujian.
- Periksa tekanan ban sesuai dengan Butir 6.2.4.
- Periksa kembali suspensi atau per dalam kondisi bebas.
- Sebelum pengujian, jalankan kendaraan paling sedikit sepanjang 8 km pada kecepatan lalu lintas normal.
- Pasang roda penguji pada posisi roda penguji terangkat (*toe-out*) dan roda belakang pada posisi di bawah.
- Roda penguji harus bebas berputar tetapi terkunci pada saat posisi ban terangkat.
- Roda belakang harus dapat digerakkan ke atas dan ke bawah, tetapi hanya tertahan oleh pegasnya.

10.3 Kecepatan kendaraan penguji

- Lakukan pengujian pada kecepatan standar ($65 \pm 0,8$) km/jam.
- Pertahankan kecepatan uji pada ($65 \pm 0,8$) km/jam, dan bila kecepatan di atas 65 km/jam, pertahankan kecepatan dengan toleransi $\pm 1,5$ km/jam.
- Pada kecepatan selain 65 km/jam, catat Mu-N dengan besar kecepatan dalam huruf kecil (*subscript*) di bawah nilai Mu-N (Misal: MuN₅₀, bila kecepatan pada 50 km/jam).

10.4 Penentuan Gradien Kecepatan Mu-Number.

Perubahan Mu-Number terhadap kecepatan harus dilaporkan sebagai MuN per km/jam dan harus diperoleh sebagai *slope* dari kurva MuN-kecepatan yang di-plot dari peningkatan

kecepatan sekitar 15 km/jam sebanyak paling sedikit 3 kali. Gradien kecepatan standar adalah diartikan sebagai kemiringan kurva kecepatan-MuN pada kecepatan 65 km/jam.

11 Prosedur

- Periksa Mu-Meter sesuai dengan Butir 10.2. Operasikan alat pada kecepatan tertentu. Sebarkan air pada ban penguji selama kira-kira 1 detik sebelum pengujian dimulai dan kemudian lanjutkan pengujian hingga selesai. Tandai batas awal dan akhir pengujian pada kertas grafik dalam kotak pencatat, dengan alat penanda yang dapat digunakan. Hentikan pemberian air kira-kira 1 detik setelah pengujian selesai.
- Hitung lajur yang tercatat pada kertas pencatat, yaitu antara dua tanda batas awal dan akhir pengujian. Selisih angka dibagi selisih jarak antara dua batas ini adalah nilai rata-rata Mu Number.

$$\text{Mu}_{\text{Rata-rata}} = \frac{A_2 - A_1}{B_2 - B_1} \dots\dots\dots(1)$$

dengan:

A_1 adalah angka yang tercantum pada kotak pencatat sebelum pengujian kekesatan;

A_2 adalah angka yang tercantum pada kotak pencatat setelah pengujian kekesatan;

B_1 adalah jarak awal yang tercantum pada kotak pencatat sebelum pengujian kekesatan;

B_2 adalah jarak akhir yang tercantum pada kotak pencatat setelah pengujian kekesatan.

12 Kegagalan pengujian (*faulty tests*)

Pengujian yang gagal atau menghasilkan-Mu Number yang berbeda lebih dari 5 MuN dari nilai rata-rata semua pengujian dari seksi pengujian yang sama harus ditangani sesuai dengan petunjuk dalam ASTM E 178, *Recommended practice for dealing with outlying observations*.

13 Laporan

13.1 Laporan lapangan

Laporan lapangan setiap seksi pengujian harus berisi data sebagai berikut:

- Lokasi dan identitas seksi pengujian.
- Tanggal dan waktu.
- Kondisi cuaca (terutama temperatur, awan, dan angin).
- Lajur dan seksi yang diuji.
- Kecepatan kendaraan uji dan perhitungan kedalaman air permukaan (untuk masing-masing pengujian).
- Rata-rata MuN untuk setiap seksi pengujian; kecepatan kendaraan dan kedalaman air permukaan rata-rata.

13.2 Laporan ringkas

Laporan ringkas setiap seksi pengujian, variabel atau kombinasi variabel yang sedang diuji harus dilaporkan, termasuk data berikut:

- a) Lokasi dan identitas seksi pengujian.
- b) Jumlah lajur dan pemisah lajur.
- c) Tanjakan dan alinyemen.
- d) Jenis perkerasan (jenis lapis permukaan, kondisi, dan tipe agregat, bila ada).
- e) Umur perkerasan.
- f) Lalu lintas harian rata-rata.
- g) Kecepatan lalu lintas rata-rata (gabungan kecepatan atau *speed mix*, seperti pada tanjakan dengan lalu lintas truk berat).
- h) Tanggal dan hari.
- i) Kondisi cuaca.
- j) Lajur dan seksi yang diuji.
- k) Mu Number rata-rata untuk seksi pengujian; kecepatan kendaraan dan kedalaman air permukaan.
- l) Nilai tertinggi dan terendah yang dimasukkan pada nilai rata-rata (jika ada nilai yang tidak dipakai dalam penghitungan rata-rata, fakta ini harus dilaporkan).
- m) Plot data gradien kecepatan (jika diperoleh).

14 Ketepatan dan bias

- a) Hubungan antara kekesatan MuN yang diamati dan nilai tingkat kekesatan yang sebenarnya (*true value*), belum dipelajari atau bahkan tidak dapat dipelajari sampai saat ini. Karena itu, ketelitian dan bias pada pengukuran ini adalah hanya jumlah pengulangan pengujian (*repeatability*).
- b) Ketelitian dan bias yang dapat dinyatakan pada pengukuran ini adalah pengulangan pengujian (*repeatability*). Karena itu tidak terdapat korelasi yang nyata antara deviasi standar dengan nilai rata-rata aritmatik yang dihasilkan dari berbagai kelompok pengujian kekesatan, sehingga nilai-nilai deviasi standar tersebut dapat digunakan tetapi tidak sesuai dengan nilai kekesatan permukaan rata-rata. Hasil pengumpulan data pengujian terbatas menggunakan alat uji yang berbeda, masing-masing diuji pada permukaan yang berbeda mendapatkan nilai deviasi standar 2,0 MuN.
- c) Agar pengukuran kekesatan tidak lebih dari nilai kekesatan permukaan rata-rata, dan pada tingkat keyakinan 95 % (atau dengan $t = 1,96$), maka diperlukan jumlah pengujian (n) sebagai berikut:

$$n = \left[\frac{t \times \sigma}{\theta} \right]^2 \dots\dots\dots(2)$$

dengan:

- θ adalah kesalahan pengukuran;
 t adalah nilai variabel normal yang berhubungan dengan tingkat keyakinan 95
 %, yaitu $t = 1,96$;
 σ adalah deviasi standar, μ_N ;
 n adalah jumlah pengujian (ukuran sampel)



Lampiran A (normatif)

Spesifikasi ban Mu-meter

A1 Lingkup

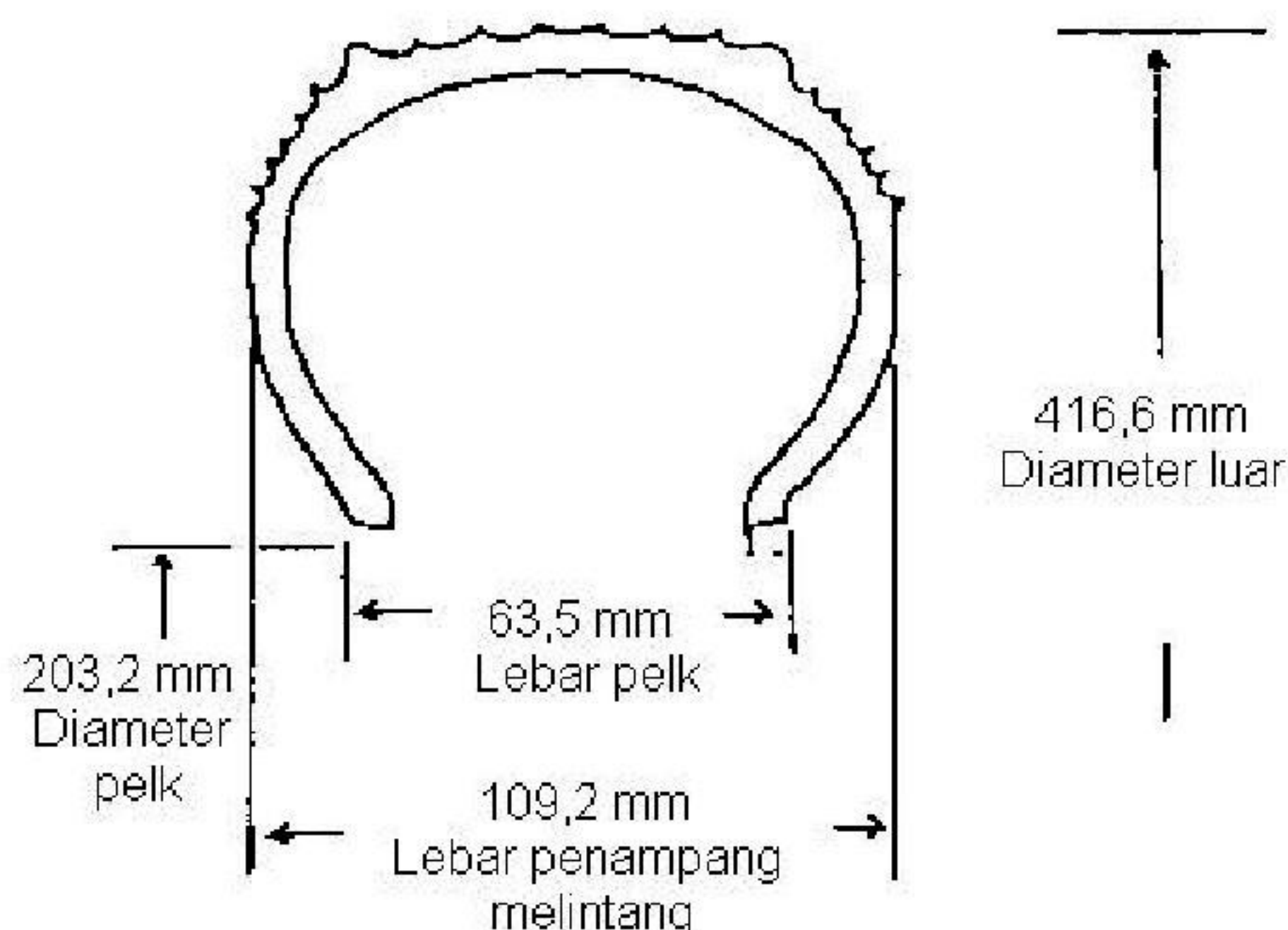
Spesifikasi ini meliputi persyaratan umum ban standar Mu-meter untuk pengukuran koefisien kekesatan antara permukaan perkerasan dan dua telapak ban licin roda penguji.

A2 Bahan dan pabrik pembuat ban (manufacture)

- a) Ban standar yang digunakan harus sesuai dengan Butir A4. Gambar A1 adalah foto ban Mu-meter. Dimensi, berat dan variasi yang diijinkan lainnya diberikan dalam Butir A5 dan Gambar A2;



Gambar A1 Ban penguji Mu-meter



Gambar A2 Dimensi ban penguji Mu-meter

- b) Seluruh langkah proses pembuatan ban di pabrik harus bersertifikat untuk menjamin bahwa spesifikasi ban dipenuhi;
- c) Tingkat keausan maksimum yang dicapai ban tidak diindikasikan. Namun demikian, terdapat 6 rusuk di setiap sisi ban. Perlu dilakukan pengamatan robeknya rusuk pertama sebagai indikator tidak terpenuhinya persyaratan ban penguji. Ban tersebut harus diganti segera bila robek dan sebelum rusuknya tampak ke luar;
- d) Bila ban baru telah dipasang pada salah satu roda, maka roda lainnya pun harus diganti.

A3 Persyaratan fisik

Persyaratan fisik dan mekanis diberikan pada Tabel A1

Tabel A1 Persyaratan fisik ban penguji

<i>Tensile sheet cure</i> pada 140 °C	60 menit @ 140 °C
Kuat tarik, kPa	15.200
300% modulus, kPa	7.600
<i>Elongation at break</i> , %	500
<i>Hardness (Shore A)</i>	65
<i>Resilience</i> , %	50
Berat Jenis	1.160

A4 Dimensi, berat dan variasi yang diijinkan lainnya

A4.1 Umum

Dimensi terinci disajikan dalam Gambar A2. Seluruh dimensi ban sesuai dengan toleransi normal yang dikeluarkan oleh pabrik pembuatnya.

A4.2 Pelaksanaan

Ban harus berukuran 4.00-8 (16 x 4) x 6 ply. Diameter luar 417 mm, lebar penampang melintang 109 mm, dan lebar pelek 64 mm.

Ban RL 2 yang saat ini digunakan memiliki pola telapak ban dengan kedalaman garis yang dangkal (1 mm). Biasanya dengan telapak pola demikian digunakan pada Mu-meter. Bila satu set ban baru dipasang, sudut gelincir harus diset untuk pengujian.

A5 Kelancaran dalam kerja (*workmanship*)

Ban harus bebas dari kerusakan selama pekerjaan berlangsung.

A6 Sertifikasi

Berdasarkan atas permintaan, pabrik ban harus memberikan sertifikat kepada pembeli bahwa persyaratan pemesanan telah dipenuhi sesuai dengan spesifikasi.

Seluruh ban yang telah bersertifikat harus sesuai dengan variasi normal yang diberikan pabrik pembuatnya.

A7 Penyimpanan (*preservation*)

Ban harus disimpan pada kondisi kering udara dengan penerangan yang biasa,

A8 Rekomendasi penggunaan ban dan persyaratan operasional

Ban RL 2 Mu-meter tidak boleh digunakan bila kedalaman pola telapak ban sedalam 1 mm sobek sebagaimana diuraikan dalam Butir A5.2.2.

Tekanan ban pada kedua roda harus (69 ± 3) kPa diukur pada temperatur *ambient* (dingin).



Lampiran B (Informatif)

Kalibrasi dengan papan pengujian standar Mu-meter

Kalibrasi dengan papan pengujian Mu-meter harus dilaksanakan sesuai dengan SNI 03-4427-1997, *Metode pengujian kekesatan permukaan perkerasan dengan alat Pendulum*, dengan pengecualian bahwa seluruh pengujian harus dilakukan pada cuaca kering.

Pengujian pada tiga macam kondisi lajur permukaan harus dilakukan, dua lajur pada permukaan yang kasar (*abrasive*) di setiap ujungnya masing-masing, dan satu pengujian di tengah-tengah.

Pengujian dengan papan penguji baru dengan alat BPT harus dapat menghasilkan nilai sebesar antara 94 BPN dan 100 BPN pada temperatur $(22 \pm 1) ^\circ\text{C}$, di bawah cuaca kering, dihitung rata-rata dari 6 lokasi pengujian.

B4 Kalibrasi di atas papan pengujian dengan permukaan yang kasar adalah merusak pada saat pelaksanaan, Jika kalibrasi dengan papan pengujian menghasilkan BPN di luar batas-batas dalam Butir B3, dapat diterapkan koreksi sebagai berikut:

$$\text{MuN} = 1,017 \text{ BPN} - 20,9$$

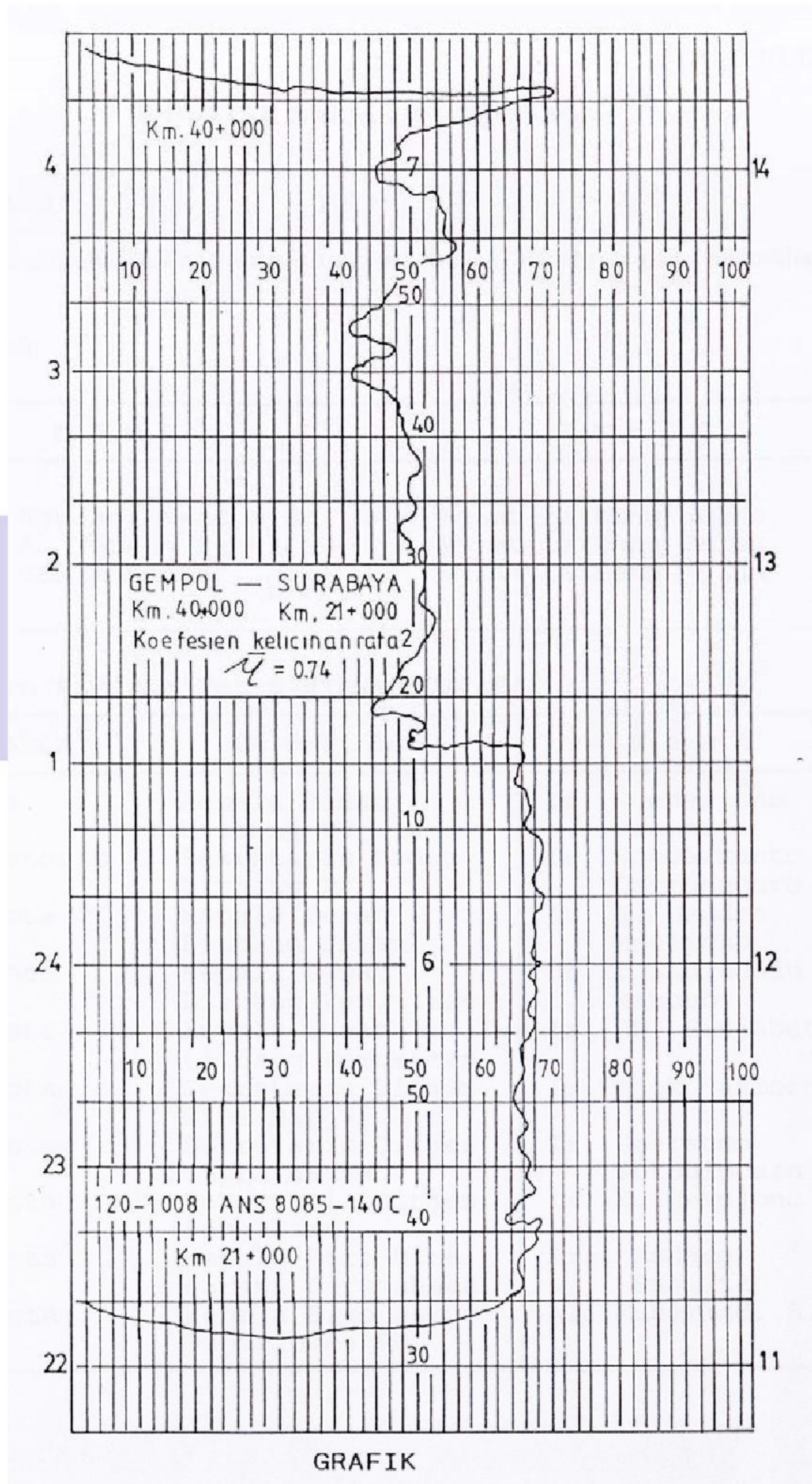
dengan:

MuN adalah *Mu Number*, dan

BPN adalah *British Pendulum (Tester) Number*.

Lampiran C
(informatif)

Contoh grafik pencatatan lapangan dengan alat Mu-Meter



Gambar C1 Contoh grafik pencatatan lapangan dengan alat Mu-Meter

Lampiran D
(normatif)

Contoh formulir lapangan

Lembar ke

Lampiran surat No :
 Nomor titik :
 Pekerjaan :
 Ruas jalan :
 Lapis permukaan :
 Cuaca :

Tanggal :
Ppc :
Dikerjakan oleh :
Dihitung oleh :
Digambar oleh :
Diperiksa oleh :
Tanggal pengujian :

**Metode uji
kekesatan permukaan perkerasan dengan Mu-Meter**

[illegible]

Dikerjakan oleh Teknisi

Diperiksa Penyelia

Tanggal: :
Tanda tangan :

Tanggal: :
Tanda tangan :

Nama :

Nama :

Lampiran E (informatif)

Contoh pengisian formulir lapangan

Lembar ke

Lampiran surat No :
 Nomor titik : Seksi 21 – 40
 Pekerjaan :
 Ruas jalan : jalan Tol Gempol - Surabaya
 Lapis permukaan : Laston
 Cuaca : Cerah

Tanggal : 19 Juni 2002
 : Sobari
 Dikerjakan oleh : Sobari
 Dihitung oleh : Sobari
 Digambar oleh : Sobari
 Diperiksa oleh : Jonatan
 Tanggal pengujian : -

Metode uji kekesatan permukaan perkerasan dengan Mu-Meter

Km-Km	Gesekan			Unit jarak			MuN rata-rata	Catatan
	A1	A2	A2-A1	B1	B2	B2-B1	$\frac{A_2 - A_1}{B_2 - B_1}$	
Tol GPL 40	-25112	25488,5	376,5	0	426,5	426,5	0,88	
40-38	-25488,5	25739	250,5	0	334	334	0,75	
38-36	-25739	26001,5	262,5	0	336	336	0,78	
36-34	-26001,5	26230	228,5	0	335	335	0,68	
34-32	-26230	26447	217,0	0	339	339	0,64	
32-30	-26447	26674	227,0	0	336	336	0,68	
30-28	-26674	26902	228,0	0	327	327	0,69	
28-25,5	-26902	27233,5	331,5	0	430	430	0,77	
25,5-23	-27233,5	27547	313,5	0	420	420	0,74	
23-21	-27547	27834	287,0	0	336,5	336,5	0,89	
	-27834							
						Tertinggi	0,89	
						Terrendah	0,64	
						σ	0,08	
						Rata-rata	0,75	

Dikerjakan oleh Teknisi

Diperiksa Penyelia

Tanggal: : 19 Juni 2002
 Tanda tangan :

Tanggal: :
 Tanda tangan :

Nama : Sobari

Nama : Jonatan

Bibliografi

Badan Standardisasi Nasional (BSN). SNI 03-6748-2002, *Metode pengujian kekesatan perkerasan jalan dengan alat Mu-meter*

MLH 148 ML, *Aviation Mu-meter instruction and servicing manual*.













BADAN STANDARDISASI NASIONAL - BSN
Gedung Manggala Wanabakti Blok IV Lt. 3-4
Jl. Jend. Gatot Subroto, Senayan Jakarta 10270
Telp: 021- 574 7043; Faks: 021- 5747045; e-mail : bsn@bsn.go.id